Arnaldoa 24 (1): 383 - 394, 2017
http://doi.org/10.22497/arnaldoa.241.24120

ISSN: 1815-8242 (edición impresa)
ISSN: 2413-3299 (edición online)

Disponibilidad hídrica y predicción del rendimiento de *Zea mays* L. (Poaceae) "maíz" y *Asparagus officinalis* L. (Asparagaceae) "espárrago" en el valle Jequetepeque, Perú

Water availability and yield prediction of *Zea mays* L. (Poaceae) "corn" and *Asparagus officinalis* L. (Asparagaceae) "asparagus" in Jequetepeque Valley, Peru

Ana Marlene Guerrero Padilla
Facultad de Ciencias Biológicas, Universidad Nacional de Trujillo
Av. Juan Pablo II s/n, Trujillo, PERÚ
mguerrero@unitru.edu.pe



Recibido: 20-I-2017; Aceptado: 15-III-2017; Publicado: VI-2017; Edición online: 05-VI-2017

Resumen

El presente estudio tuvo por objetivo principal evaluar la disponibilidad hídrica y determinar predicción del rendimiento de *Zea mays* L. (Poaceae) "maíz" y *Asparagus officinalis* L. (Asparagaceae) "espárrago" mediante modelo de simulación CROPWAT en el valle Jequetepeque, Perú. Se aplicó la metodología recomendada por la FAO de Penman-Monteith mediante la aplicación del software CROPWAT para la determinación de los requerimientos hídricos de *Z. mays* y *A. offficinalis*. El cultivo de *Z. mays* "maíz" demandó una mayor cantidad de agua porque dispone de una fase crítica durante la pre- y postfloración, por evaporación del cultivo (ETa) y evapotranspiración del cultivo (ETc) con un requerimiento de riego desde enero a marzo. *A. officinalis* "espárrago" presentó requerimiento de riego por baja retención de agua en el suelo (ETa) y por pérdida de agua por evapotranspiración (ETc) desde la segunda semana de octubre hasta enero. La disponibilidad hídrica y el área agrícola desarrollada tuvo un coeficiente R de Pearson de 0,7957 y un valor de P = 0.002, indicando una relación estadística altamente significativa.

Palabras clave: *Zea mays, Asparagus officinalis,* valle Jequetepeque.

Abstract

The main objective of this research was to evaluate water availability and determine yield prediction of *Zea mays* L. (Poaceae) "corn" and *Asparagus officinalis* L. (Asparagaceae) "asparagus" through CROPWAT simulation model in Jequetepeque Valley, Peru. We applied the methodology of Penman-Monteith recommended by the FAO through the application of CROPWAT software for determining the water requirement of *Z. mays* and *A. officinalis*. The cultivation of *Z. mays* "corn" demanded a greater amount of water because it has a critical phase in pre- and post-flowering, due to cultivation evaporation (ETa) and cultivation evapotranspiration (ETc) with an irrigation requirement from January to March. *A. officinalis* "asparagus" showed irrigation requirement for low retention of water in the soil (ETa) and water loss by evapotranspiration (ETc) from the second week of October to January. Water availability and developed agricultural area had a Pearson's R coefficient of 0.7957 and a P value of 0.002, indicating a highly significant statistical relation.

Keywords: *Zea mays, Asparagus officinalis,* Jequetepeque Valley.

Introducción

Los métodos de riegos ineficientes o dispendiosos entrañan sus propios riesgos para la salud: el anegamiento de algunas zonas del Asia meridional, resultado de la utilización excesiva del agua para riego, es el determinante fundamental de la transmisión de la malaria, situación que se reitera en muchas otras partes del mundo. En otras zonas, la extracción de agua ha tenido consecuencias devastadoras sobre el medio ambiente. La capa freática de muchas regiones del mundo se reduce constantemente y algunos ríos, como el Colorado en el oeste de los Estados Unidos y el Amarillo en China, se secan con frecuencia antes de llegar al mar (Cumbre de Johannesburgo, 2002; Peña, 2016).

El aprovechamiento de los recursos hídricos de las cuencas hidrográficas en el Perú adolece de una planificación integral, el cual provoca el deterioro de la calidad y cantidad de este recurso (Guerrero & Florián, 2013). Entre los problemas ambientales más acuciantes en los distritos de riego, se puede destacar: el proceso de salinización, ya que se estiman en alrededor a 300 000 ha las tierras afectadas en diferentes grados por anegamiento y salinidad, localizadas en los principales valles de la costa. Además, existen numerosos ríos con aguas contaminadas debido a relaves mineros,

vertido de aguas residuales sin tratamiento, así como de aguas residuales provenientes del sector industrial; se presenta un creciente uso de agrotóxicos en el sector agricultura (contaminación agraria difusa), que requiere ser controlado. La deforestación en las regiones Sierra y Selva también está causando problemas en diversos sectores (FAO, 2001).

En el Perú, los proyectos de irrigación como el Proyecto Especial Jequetepeque-Zaña y el Proyecto Especial Chavimochic, han modificado las condiciones ambientales en su área de influencia, lo cual sumando al manejo inadecuado del agua y al abandono en la explotación del agua subterránea han ocasionado el incremento de la salinidad, pérdida de fertilidad, condiciones potenciales para el desarrollo de enfermedades transmisibles, elevación del nivel freático, entre otros impactos (Global Water Partnership, 2002).

Las actividades agrícolas, forestales y ganaderas en el valle Jequetepeque, inciden en el deterioro de las tierras en la parte alta de la cuenca (Moreno *et al*, 2004), se debe al proceso de erosión hídrica de los suelos está dada mayormente por el uso intensivo de los suelos en cultivos y pastizales en fuertes pendientes, asociado a una fuerte deforestación y una gran presión socioeconómica sobre la zona en estudio (Guerrero, 2014). Asimismo, estos procesos de erosión hídrica, se dan en períodos de grandes avenidas (erosión en masa), favorecidos por las propias condiciones naturales como el tipo de roca madre, suelos, pendientes; situación que se agrava en función de las carreteras mal ubicadas, así como la intervención por el hombre (Guerrero, 2015). Por lo que, es necesario que las zonas con infraestructura hidroagrícola, se realice un mejor aprovechamiento del recurso hídrico, por la eficiencia en el uso del agua en las áreas bajo riego por gravedades relativamente baja, con un aumento en ésta de incrementaría la productividad por área sembrada y regada, como área bajo riego (Arteaga *et al*., 2011; Sifuentes *et al*., 2014).

En el valle Jequetepeque uno de los principales cultivos es *Z. mays* "maíz", ocupa el segundo lugar en producción, es uno de los cereales más eficientes en la conversión de energía solar, anhídrido carbónico, agua y minerales del suelo, en materia orgánica. La tasa de crecimiento del cultivo está positivamente asociada con la cantidad diaria de radiación interceptada (Fischer & Palmer, 1984), de forma similar, la biomasa total acumulada hasta la madurez fisiológica está relacionada con la radiación interceptada (Andrade *et al*., 1991). Asimismo, la disponibilidad hídrica en el período de crecimiento es otra causa importante de variación en la productividad. La distribución de lluvias interfiere con la disponibilidad hídrica en el suelo siendo su efecto acentuado en condiciones de temperatura alta, donde la tasa de evaporación es elevada (Fassio *et al*., 1998).

A. officinalis L. "espárrago", es uno de los cultivos que se está desarrollando a gran escala en las áreas de influencia de los proyectos Jequetepeque-Zaña y Chavimochic, por los actuales sistemas de riego. *A. officinalis* L. tiene un período promedio de cosecha de 10 años y llega a la máxima producción a los cuatro o cinco años. Una elevada productividad es esencial para tener un buen retorno de la inversión, teniendo en cuenta que se incrementa el consumo y la exportación y nuestro país se ha convertido uno de los principales productores en el mundo.

Los modelos computacionales permiten evaluar sistemas agrícolas en diversos

escenarios, especialmente con irrigación; se evalúa necesidades de riego y la productividad del agua, y se pronostica el rendimiento para regiones con condiciones meteorológicas distintas y situaciones de suelo específicas (Molua & Lambi, 2006; Liu *et al.*, 2007).

En la gestión de recursos hídricos se está usando modelo de simulación para la realización del calendario de los planes de riego, la FAO recomienda el programa CROPWAT, como un instrumento práctico de ayuda para relacionar el manejo del agua y el cálculo de las necesidades de agua de los cultivos, a partir de la información climatológica y cédulas de cultivo. Asimismo, permite la adecuación de los planes de riego para diferentes condiciones y simulación de requerimiento de agua para tierras de uso agrícola en relación al clima.

Es necesario la realización de estudios de permitan sistemáticamente identificar, cuantificar cuando sea posible e interpretar adecuadamente las condiciones ecológicas y socioeconómicas, especialmente la actividad agrícola que se desarrolla en el valle de Jequetepeque. Es necesario adoptar técnicas que permitan un uso eficiente de los recursos entre ellas el riego, empleando modelos computacionales que permitan evaluar sistemas agrícolas en diversos escenarios, de acuerdo a los sistemas de riego y productividad; que permita pronosticar el rendimiento para el valle Jequetepeque, con condiciones meteorológicas evaluadas, así como la caracterización edafológica del suelo.

De los puntos anteriores expuestos fue necesario realizar un enfoque a largo plazo y supone y garantice una visión completa e integrada del significado de las actividades agrícolas asociada a los volúmenes de agua usados y las cédulas de cultivo en los diferentes sectores agrícolas. Frente a este problema, el presente estudio tuvo por objetivo principal evaluar la disponibilidad hídrica y determinar predicción del rendimiento de *Zea mays* (Poaceae) "maíz" y *Asparagus officinalis* L. (Asparagaceae) "espárrago" mediante modelo de simulación CROPWAT en el valle Jequetepeque, Perú.

Material y métodos

En el establecimiento de las condiciones de la actividad agrícola desarrollada en el valle Jequetepeque, Perú se requirió información del Ministerio de Agricultura, Proyecto Especial Jequetepeque-Zaña, Autoridad Local del Agua y Comisión de Regantes.

Se realizó trabajo de campo en la identificación de las cédulas de cultivo en los diferentes sectores de riego se realizó con información de la junta de regantes, Autoridad Nacional del Agua (ANA) y del Ministerio de Agricultura.

En el diseño experimental se planteó la hipótesis a ser contrastada con un diseño descriptivo del tipo comparativo, se utiliza cuando se quiere comparar una misma variable en diferentes lugares o situaciones para ver si tienen el mismo o diferente comportamiento. Con el fin de recolectar datos que permitan contrastar la hipótesis planteada se elige por conveniencia este diseño, considerando la evaluación de los volúmenes de agua usados y la correlación existente con las cédulas de cultivo en valle Jequetepeque.

Se aplicó la metodología recomendada por la FAO de Penman-Monteith (Arteaga *et al.*, 2011; Yoo *et al.*, 2008), mediante la aplicación del software CROPWAT (FAO, 2013, Stancalie *et al.*, 2010) para Windows Versión 8.0, para la determinación de los

requerimientos hídricos de los cultivo. Se realizó el análisis de correlación de Pearson existente entre las cédulas de cultivo y las descargas de agua del valle Jequetepeque.

Resultados

En el valle Jequetepeque se evaluó la disponibilidad hídrica durante el año hídrico 2014-2015 (Fig. 1), el cual incrementó desde el mes de diciembre a mayo, tienen un punto máximo en el mes de marzo con 170,584 hm^3, lo cual está relacionado con las áreas ocupadas por las cédulas de cultivo, teniendo una mayor área en el mes de febrero con 364111 ha (Fig. 2). En la Tabla N° 1, se muestra el análisis de correlación de Pearson, con un valor R de Pearson = 0,7957 y P = 0,002. Se encontró correlación de la disponibilidad hídrica y las áreas ocupadas por las cédulas de cultivo (Fig. 3).

En la Fig. 4, se muestra la retención de agua del suelo en mm y los días después de la siembra de *Z. mays* "maíz", presentando necesidad de riego en los días 43, 64, 83, y 108 con una evaporación del cultivo (ETa) 100%, con un agotamiento que fluctuó entre 56 a 67 %, un requerimiento de agua por evapotranspiración del cultivo (ETc) desde enero a marzo (Fig. 5).

El cultivo de *Asparagus officinalis* "espárrago" presentó necesidad de riego con ETa 100% en los días 7, 15, 24, 35, 47, 58, 69, 80 y 93 (Fig. 6), con un agotamiento que varió entre 33-52%, un requerimiento de riego ETc desde la segunda semana de octubre hasta enero (Fig. 7).

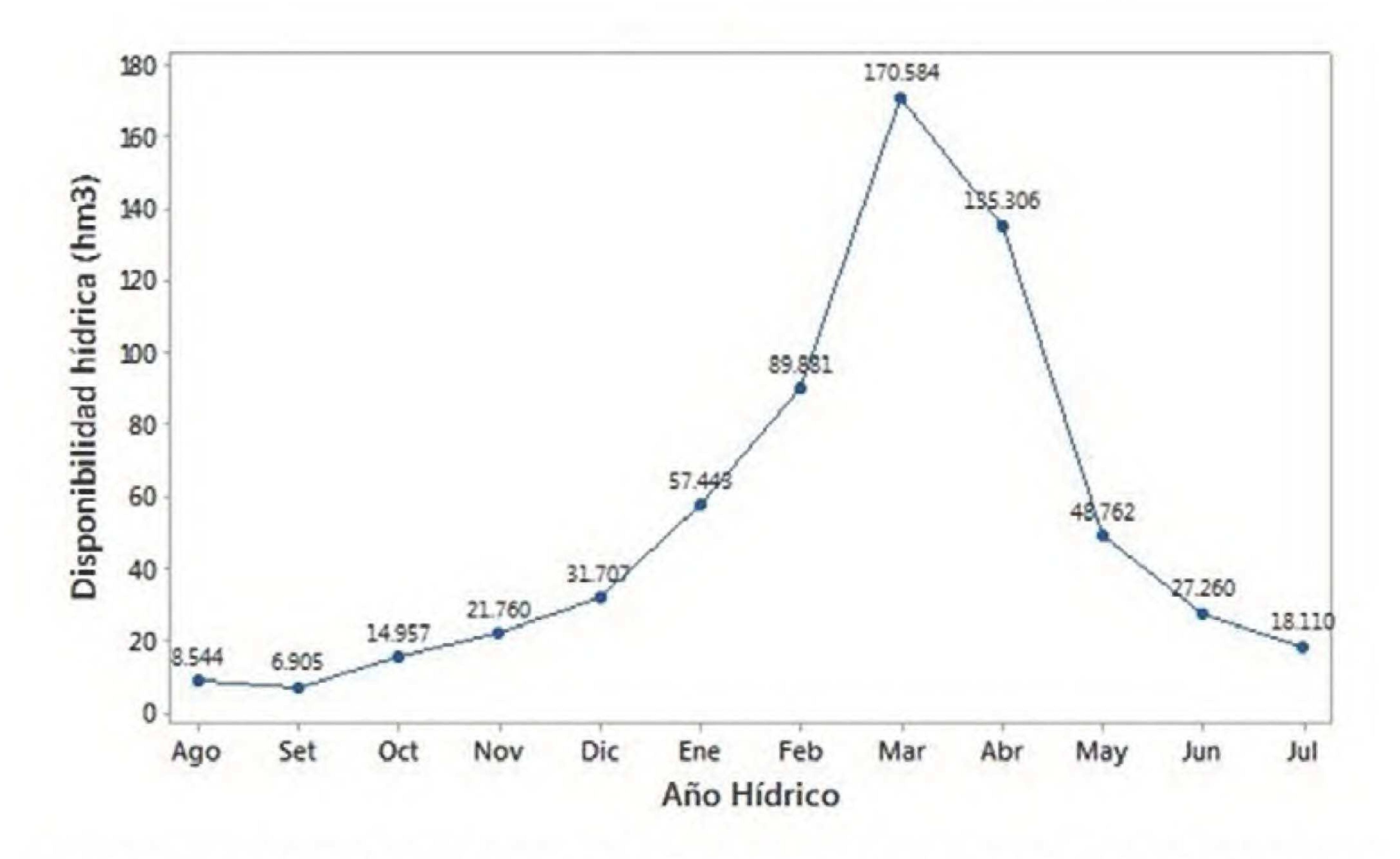


Fig. 1. Disponibilidad hídrica (hm^3) en el valle Jequetepeque durante el año hídrico 2014-2015.

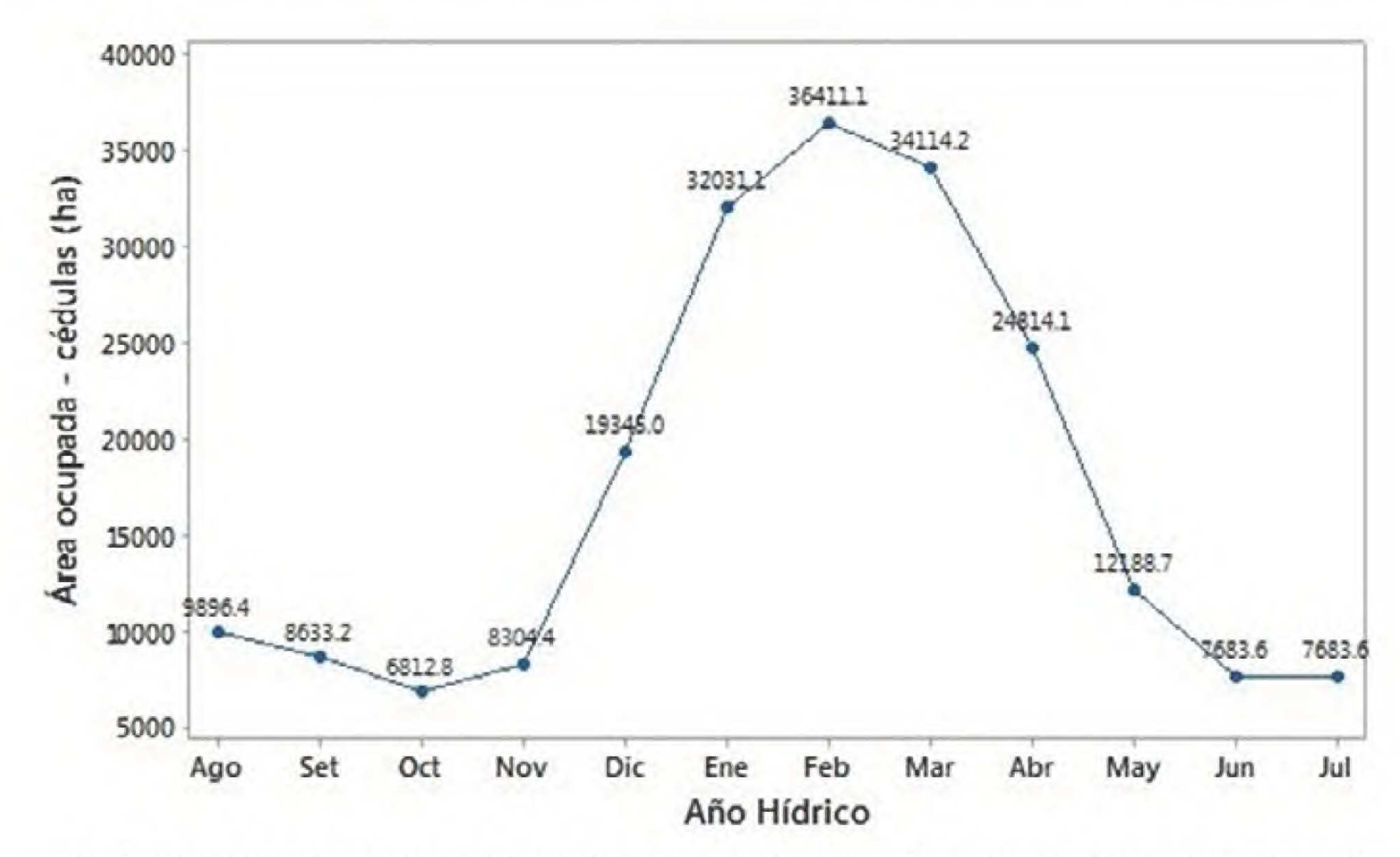


Fig. 2. Area ocupada por cédulas de cultivo (ha) en el valle Jequetepeque durante el año hídrico 2014-2015.

Tabla N° 1. Análisis de correlación entre área ocupada (cédulas de cultivo) vs. disponibilidad hídrica (hm^3).

COMISION DE RIEGO	*GENERAL*
R de Pearson	*0.7957*
P	*0.002*

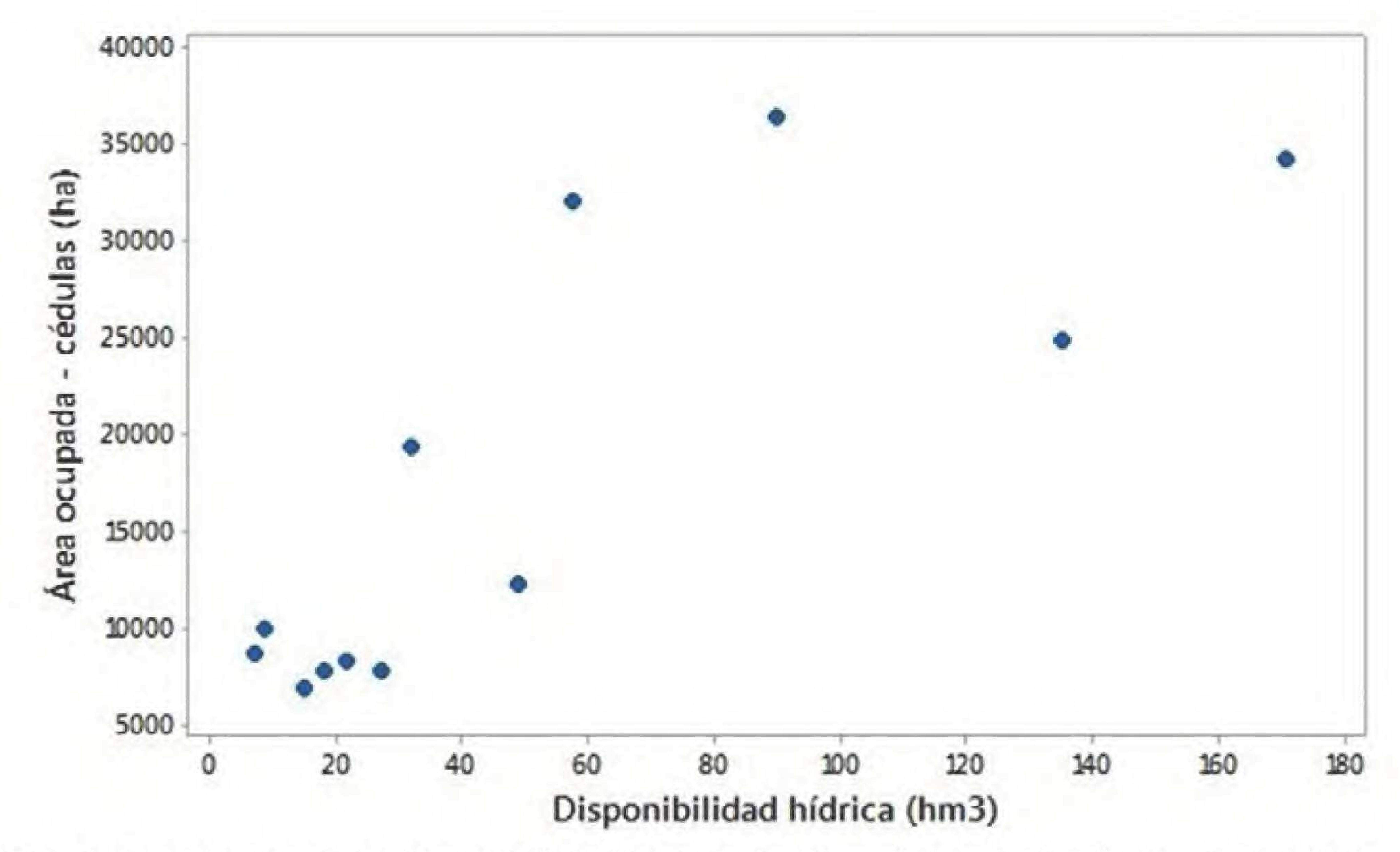


Fig. 3. Correlación de la disponibilidad hídrica (hm^3) y el área ocupada por las cédulas de cultivo (ha) y en el valle Jequetepeque durante el año hídrico 2014-2015.

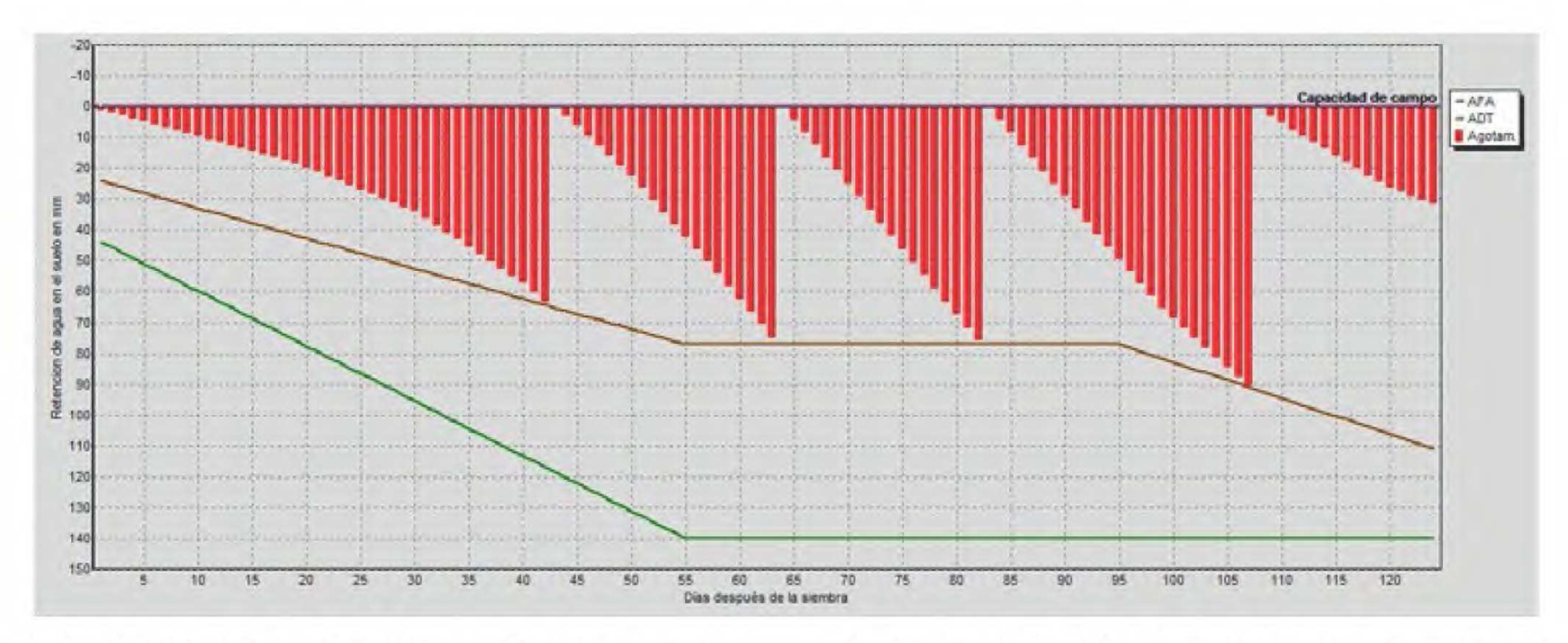


Fig. 4. Retención de agua en el suelo por *Zea mays* "maíz" en el valle Jequetepeque durante el año hídrico 2014-2015.

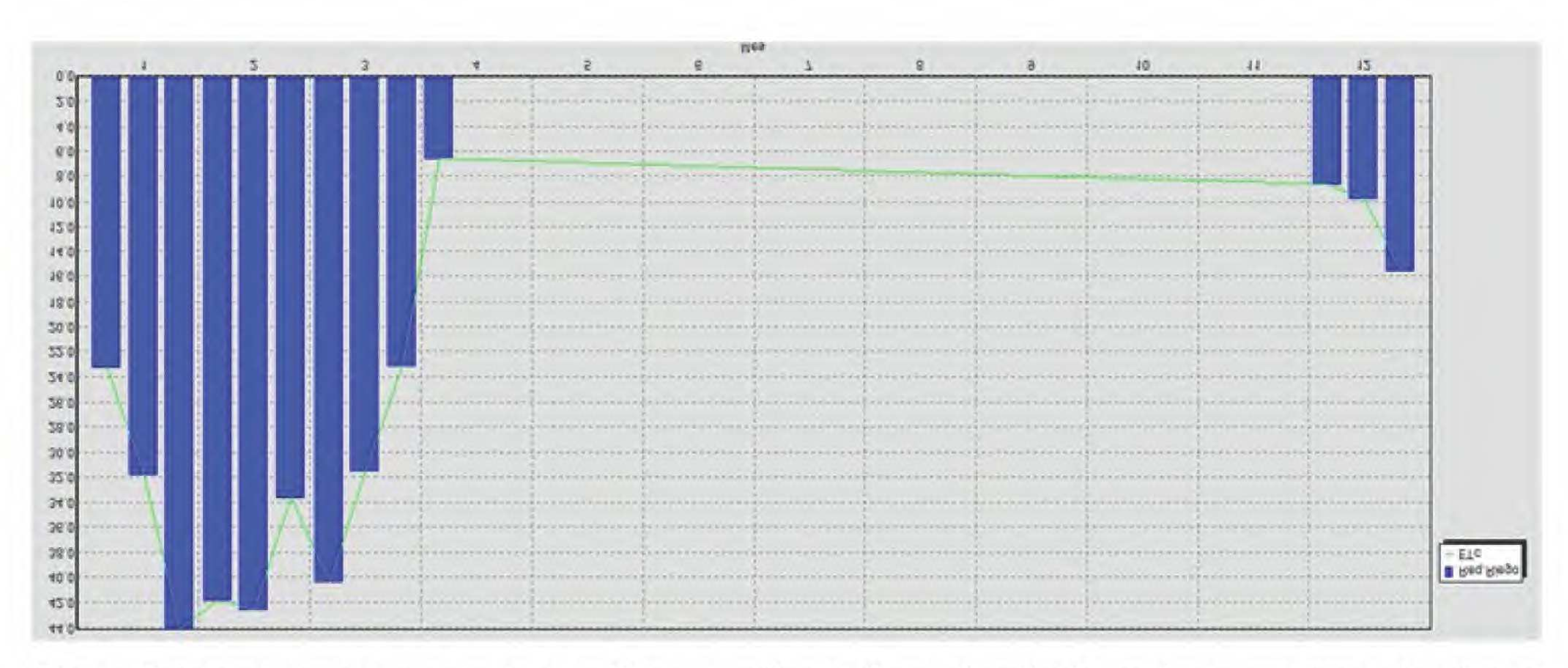


Fig. 5. Requerimiento de riego por *Zea mays* "maíz" en el valle Jequetepeque durante el año hídrico 2014-2015.

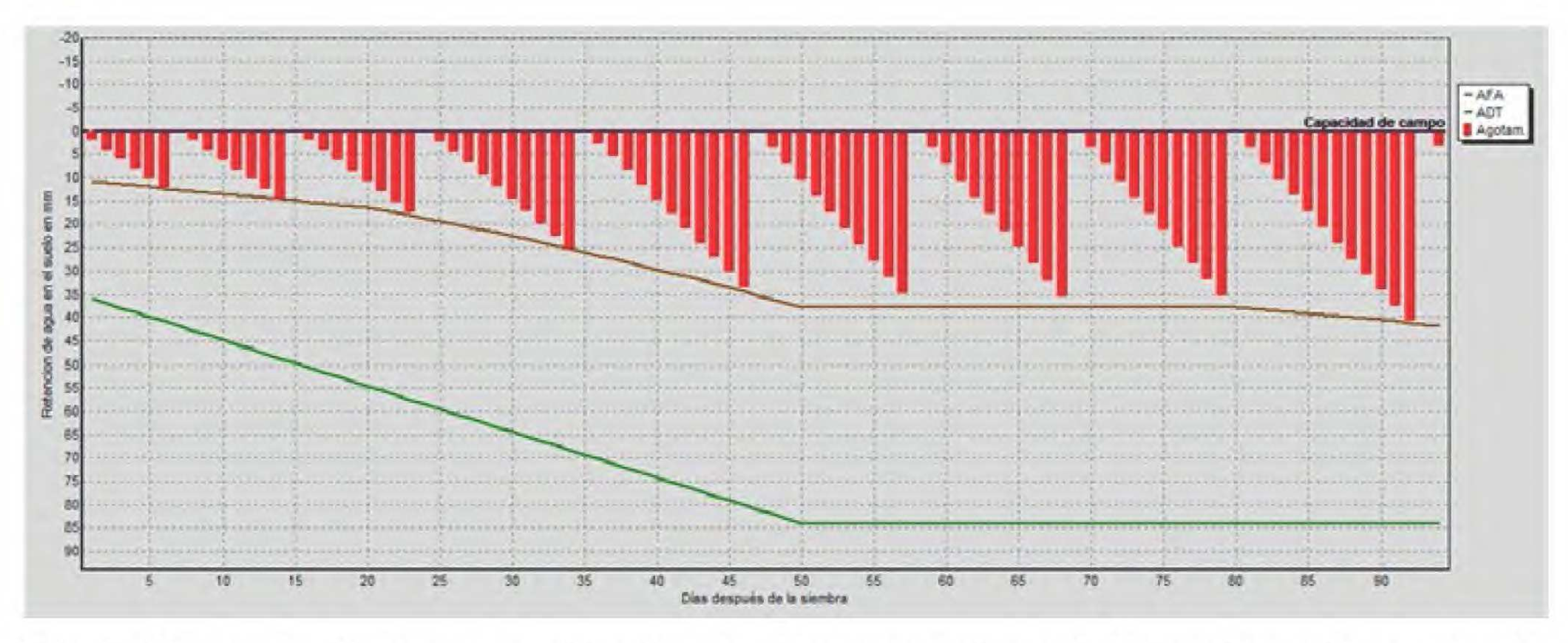


Fig. 6. Retención de agua en el suelo por *Asparagus officinalis* L."espárrago" en el valle Jequetepeque durante el año hídrico 2014-2015.

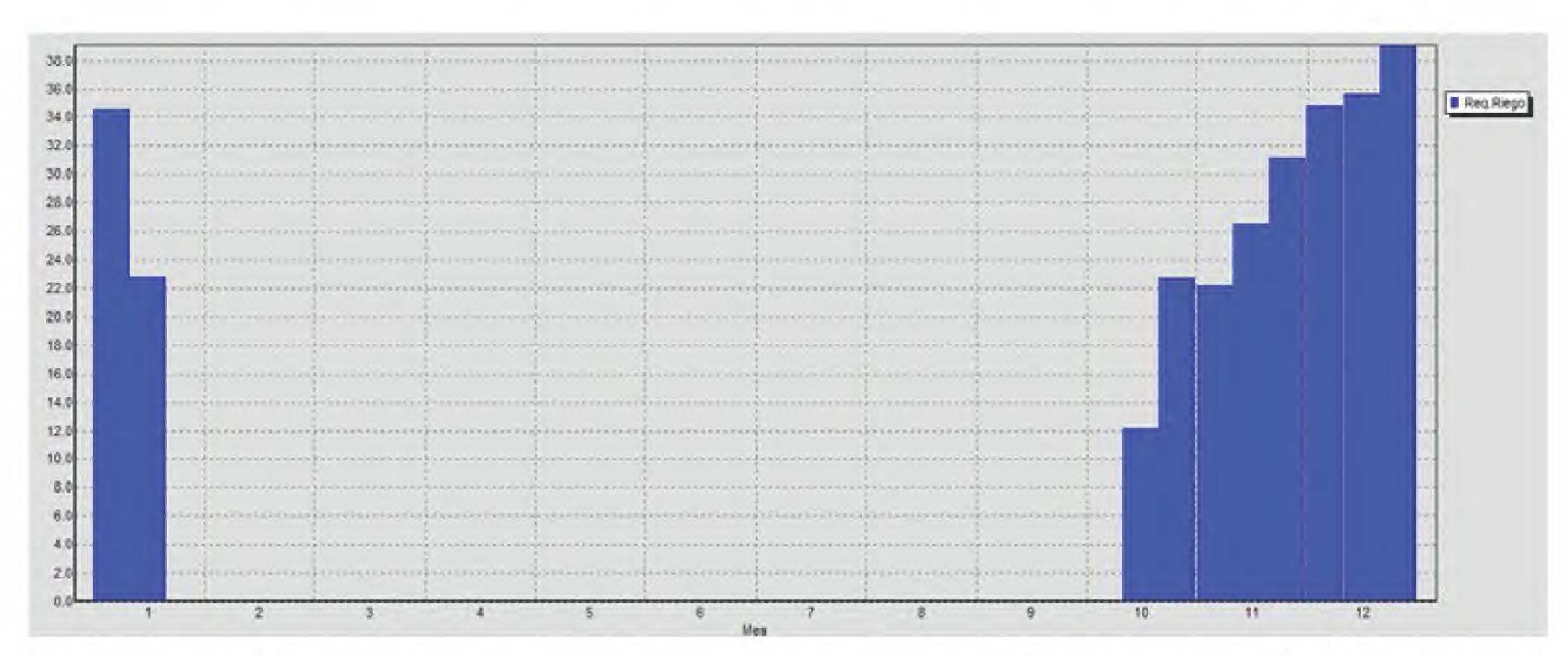


Fig. 7. Requerimiento de riego por *Asparagus officinalis* L."espárrago" en el valle Jequetepeque durante el año hídrico 2014-2015.

Un R de Pearson mayor de 0.60 indica que la correlación es alta y un valor de p menor que 0.05 indica que la correlación es significativa al nivel de 0.05

Discusión

En el valle Jequetepeque se determinó que existió dotación y reparto de agua que no se restringió a la revisión de lo que se consigna en La Ley de Recursos Hídricos N° 29338 y su reglamentación, sino que en la realidad, estas normas pueden ser aplicadas por la Autoridad Nacional teniendo en cuenta la cantidad y calidad del agua, consideraciones hidrográficas, las necesidades de las poblaciones locales y otras razones técnicas que establezca. Estas normas se aplican sólo de manera parcial y específica, según las necesidades de las organizaciones involucradas. Existe un conjunto de organizaciones que influyen en la dotación y reparto de agua.

Aplicando el método de volúmenes mensuales acumulados, se estimó la masa anual de ingreso al reservorio al 75% de persistencia de 548,58, por el método de la posibilidad de mayor aporte, el volumen estimado fue de 846,1 hm^3, correspondiendo 420,84 a la masa determinada al 75% mediante volúmenes mensuales parciales y 425,26 hm^3 a la posibilidad de mayor aporte.

El área total de cultivos programada para la campaña principal 2014-2015 fue de 38,023.03 ha de las cuales 3,568 tienen riego presurizado; 1,874.68 ha de *Zea mayz* "maíz amarillo duro", 543,52 ha de menestras, 1,552.22 ha de otros transitorios y 6,052.61 ha del cultivo de permanentes.

Además, es necesario mencionar que para la Campaña Grande 2014-2015, se tomaron en cuenta los cultivos de *Z. mayz* "maíz amarillo duro", menestras, transitorios y permanentes que han sido instalados en la Campaña Agrícola anterior 2013-2014, dichas áreas fueron atendidas con el riego desde el mes de agosto a diciembre del 2014; siendo éstas de 9,896.38 ha para el mes de agosto, 8,633.21 ha para el mes de setiembre, 6,812.77 ha para el mes de octubre, 5,074.72 ha para el mes de noviembre y 5,057.96 ha para el mes de diciembre 2014.

La demanda de agua requerida para los cultivos programados para esta Campaña Grande 2014-2015, la demanda total agrícola fue de 634, 269 hm^3, de los cuales 577,771 hm^3 fue la demanda programada para esta

campaña actual 2014-2015 y 56, 498 hm^3 fue la demanda de los cultivos instalados en la campaña anterior 2013-2014, que fueron atendidos con el riego en esta campaña actual 2014-2015.

Los meses con mayor demanda hídrica para la Campaña Grande 2014-2015 para los diferentes usos fueron en diciembre 2014 con 80, 278 hm^3; enero 2015, 125, 885 hm^3; febrero 2015, 128,702 hm^3; marzo 2015, 113, 029 hm^3 y abril 2015, 77,057 hm^3.

Existe un incremento de los volúmenes de agua desde el mes de enero, teniendo un punto máximo en el mes de marzo con un valor de 170, 584 hm^3, debido a la época de avenida (Fig. 1). En la Fig. 2, se mostró las cédulas de cultivo se incrementaron a partir del mes de noviembre hasta el mes de febrero, debido a la variación estacional, indicando una relación directa con la disponibilidad de agua (Fig. 1).

La creciente escasez de agua está generando más conflictos relacionados con el acceso y control del agua, que se dan en gran medida entre actores privados poderosos y usuarios organizados en movimientos sociales. Para intercambiar los derechos de agua y los servicios y traer prosperidad de acuerdo a las leyes del capitalismo moderno, una condición primordial es la construcción de un mundo de valores y relaciones de propiedad uniformes que, a diferencia de las nociones localmente diversas de derechos, calza precisamente con la realidad imaginada de "interacción e intercambio civilizados" en la perspectiva de los grupos dominantes.

Referente a los suelos agrícolas del valle Jequetepeque presentan erosión y salinización, los estimados existentes para la zona alta revelan que un 50% de las tierras agrícolas sufren un proceso de erosión entre ligera y moderada, en tanto el resto tiene niveles aún mayores. En zona baja, existe un grave problema de salinización debido al sobreuso de agua; el fenómeno afecta al 28% del área de riego.

La alta disponibilidad hídrica se relaciona con el área ocupada (Tabla N° 1), cuyo análisis de correlación, se obtuvo un coeficiente R de Pearson mayor a 0,60, indicando una alta correlación y un valor de P = 0,002 que resultó ser menor a 0,05, existiendo relación estadísticamente significativa entre la disponibilidad del recurso hídrico, las áreas de cultivo y cédulas de cultivo. Indicando que a mayor disponibilidad de agua mayor será el volumen de áreas ocupadas para la agricultura; el gráfico muestra una correlación del recurso hídrico y las áreas ocupadas por las cédulas de cultivo (Fig. 3).

Se empleó el modelo CROPWAT (Yoo *et al.*, 2008; Stancalie *et al.*, 2010; FAO, 2013) para la simulación en la programación de riego durante el año hídrico 2014-2015, se analizó los efectos que sufrirían en los diversos escenarios de cambio climático y la disponibilidad hídrica, con lo que se podría predecir la reducción en rendimiento o producción de los cultivos en estudio. El cultivo de *Z. mays* "maíz" (Fig. 4) dispone de una fase crítica que demanda la mayor cantidad de agua durante el ciclo del cultivo, por la evaporación del agua en el cultivo (ETa) y la evapotranspiración del cultivo (ETc), este período ocurre durante la fase de pre- y postfloración (Fig. 5), se presentó 100% de evaporación de agua (ETa) en los días 43, 64, 83 y 108 (Fig. 4), con un agotamiento que fluctúo entre 56-67%, y un requerimiento de riego por la pérdida de agua por evapotranspiración (ETc), desde enero a marzo (Fig. 5). La limitación de agua en esta fase puede afectar negativamente al rendimiento debido al estrés que provoca en la fisiología de la planta. También la falta

de agua en las etapas iniciales posterior a la siembra podría afectar significativamente la población de plantas, lo que causaría la muerte de plántulas y por consiguiente pérdida de población que se reflejaría en la disminución del rendimiento.

Diop (2006) utilizó el modelo de simulación para analizar las afecciones en *Z. mays* "maíz", *Arachis hypogaea* "maní" y *Panicum miliaceum* L. "mijo" sufrirían ante diversos escenarios de cambio climático; en tal sentido, en el presente estudio se encontró la programación de *Z. mays* tiene un umbal mínimo de precipitación, desde el cual puede esperarse cosecha de granos de 150 mm, según Lafitte (1994), se requiere por lo menos 500 a 700 mm de precipitación bien distribuida durante el ciclo de cultivo. Esta cantidad de lluvia no es suficiente si la humedad no puede ser almacenada en el suelo debido a la poca profundidad de éste o del escurrimiento o si la demanda de evaporación es muy grande por las temperaturas elevadas y la escasa humedad relativa (Fuentes, 2002), de allí la gran importancia del uso de programa de simulación CROPWAT, para programar el sistema de riego (Giorgis *et al.*, 2006). La ocurrencia del déficit hídrico durante el crecimiento es uno de los factores ambientales que más afectan la estabilidad de la producción de granos en cereales (Ruíz-Álvarez *et al.*, 2011). En *Z. mays* "maíz", la reducción en producción de granos por efecto del déficit hídrico es función del estadio de desarrollo de la planta, de la intensidad y la duración de la seca y de la sensibilidad del cultivo (Lorens *et al.*, 1987).

A. officinalis L."espárrago" presentó necesidad de riego por baja retención de agua en el suelo y causado por la evaporación del agua (ETa), durante el ciclo del cultivo, alcanzando días críticos 7, 15, 24, 35, 47, 58, 69, 80 y 93 (Fig. 6), con un agotamiento que fluctúo entre 33-52 %, y un requerimiento de riego por la pérdida de agua por evapotranspiración (ETc), desde la segunda semana de octubre hasta enero (Fig. 7). *A. officinalis* L. "espárrago" requiere menores volúmenes de agua debido a que la formación de las yemas está en relación al aumento de la temperatura del suelo (Drost, 1997), mientras que el crecimiento de los turiones depende fundamentalmente de la temperatura del aire (Krarup & Krarup, 1987) y la mayor velocidad de crecimiento se ubica por debajo del extremo apical del turión (Keuls & Post, 1957), en tal sentido su requerimiento de agua es bajo (Fig. 5), siendo la necesidad hídrica por campaña de 15,500 m^3/ha. El periodo más sensible para *A. officinalis* L."espárrago" es durante la cosecha, en este periodo la falta de agua o riegos no uniformes, provocarían que los turiones se presenten partidos, doblados o con paredes rasgadas, además productividad disminuiría.

Conclusiones

En el valle Jequetepeque existe alta disponibilidad hídrica durante los meses de enero a abril y está en relación directa a la mayor área ocupada por las cédulas de cultivo y empleando el modelo de simulación CROPWAT es eficiente para programación de sistemas de riego y alcanzar productividad alta para diferentes cultivos.

El cultivo de *Zea mays* "maíz" demandó una mayor cantidad de agua porque dispone de una fase crítica durante la pre- y post-floración, ETa y ETc, con un requerimiento de riego desde enero a marzo.

Asparagus officinalis L. "espárrago" presentó requerimiento de riego por baja retención de agua en el suelo (ETa) y por

pérdida de agua por evapotranspiración (ETc) desde la segunda semana de octubre hasta enero.

Existe correlación entre la disponibilidad hídrica y el área agrícola desarrollada, con un coeficiente R de Pearson de 0,7957 indicando una alta correlación y un valor de P = 0,002 que resultó ser menor que 0,05; existiendo una relación estadísticamente altamente significativa.

Literatura citada

Andrade, F., S. Uhart & G. Arguissain. 1991. Rendimiento potencial de "maíz" en Balcarce; análisis de los factores que lo determinan. INTA. Estación Experimental Agropecuaria Balcarce. Argentina. Boletín Técnico N° 101:1-11.

Arteaga, R.; V. Montiel & M. Vásquez. 2011. Programa CROPWAT para planeación y manejo de recurso hídrico. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas 2(2): 179-195.

Cumbre de Johannesburgo. 2002. El agua. Cumbre Mundial de Desarrollo Sostenible [en línea]. Sudafrica: Johannesburgo. Disponible en: http//www.cinu.org.mx/eventos/conferencias/Johannesburgo/medios/carpeta/agua.htm

Recuperado: 04 de marzo del 2017.

Diop, M. 2006. Analysis of crop water use in Senegal with the CROPWAT model. CEEPA discussion paper N° 34, CEE-PA, University of Pretoria, pp. 18.

Drost, D. T. 1997. Asparagus, In: Wien H.C. (Ed). The physiology of vegetable crops. Cambridge: CAB International, pp. 621-649.

Fassio, A.; A. Carriquiry; C. Tojo & R. Romero. 1998. "Maíz": Aspectos sobre fenología. Unidad de difusión e Información Tecnológica del INIA, Montevideo, Uruguay. ISBN: 9974-38-095-2, pp. 59.

Fischer, K. & F. Palmer. 1984. Tropical maize, In the physiology of tropical field crops. Ed. By P. R. Goldsworthy and N. M. Fischer, Chichester, Wiley, pp. 213-248.

Food Agriculture Organization (FAO). 2001. Informes sobre temas hídricos, Perú. Riego en América Latina y el Caribe en cifras, pp. 281-290.

Food Agriculture Organization (FAO). 2013. Land and Water division. Software CROPWAT. DOI:http://www.fao.org/nr/water/infores_databases_cropwat.html, (consultado el 20 de junio del 2015).

Fuentes, M. 2002. El cultivo del maíz en Guatemala. Una guía para su manejo agronómico. Instituto de Ciencia y Tecnologías Agrícolas. ICTA, Guatemala, pp. 45.

Giorgis, K.; A. Tadege & D. Tibebe. 2006. Estimating crop wáter use and simulating yield reduction for maize sorghum in Adama Miesso districts using the CROPWAT model, CEEPA discussion paper 31, CEEPA, University of Pretoria, pp. 14.

Global Water Partnership. 2002. Introducing Effective Water Governance, Mimeo, April. GWP Annual Report, pp. 32.

Guerrero, A. & J. Florián. 2013. Demanda y uso de agua en los sectores de riego de la cuenca del río Jequetepeque. Revista científica de la Facultad de Ciencias Biológicas de la Universidad Nacional de Trujillo-Perú. REBIOL 33(1): 1-17.

Guerrero, A. 2014. Gestión Integrada de recursos hídricos de la cuenca del río Jequetepeque, Perú. SCIENDO 17(2): 92-117.

Guerrero, A. 2015. Demanda hídrica y calidad de agua de uso agrícola de la cuenca del río Jequetepeque, Perú. Universidad Nacional de Tujillo-Perú. REBIOL 35(2): 5-18

Keuls, M. & J. Post. 1957. Invloed van de temperatuur op de groi van asperges. Overdruk uit de Mededelingen Directeur Tuinbouw, 19: 827-845.

Krarup, A. & J. Krarup. 1987. Rendimiento de espárragos verdes y blancos bajo dos modalidades de cosecha. AgroSur, 15: 47-53.

Laffite, H. R. 1994. Identificación de problemas en la producción de maíz tropical. Guía de campo, México D. F. CIMMYT, pp. 122.

Ley de Recursos Hídricos N° 29338. DOI:http://www.ana.gob.pe/media/316755/leyrh.pdf (recuperado el 04 de marzo del 2017).

Lorens, G.; J. Bennett & L. Loggale. 1987. Differences in drought resistance between two corn hybrids: II component analysis and growth rates. Agronomy Journal 79 (5): 808-813.

Liu, J.; J. Williams; A. Zchnder & H. Yang. 2007. GEPIC-modeling wheat yield and crop water productivity with high resolution on a global scale. Agric. Systems 94: 478-493.

Molua, E. & C. Lambi. 2006. Assessing the impact of climate on crop wáter use and crop wáter productivity: The CROPWAT analysis of three districts in

Cameroon. CEEPA discusión paper N° 33, CEEP, Universit y of Pretoria, pp. 44.

Moreno, G.; N. Mendoza; R. Silvera; J. Quispe; H. Portugués; I. Díaz; **F. Urcuhuaranga; D. Arana; A. Gallarday; R. Soto; T. Lapeyre; R. Gutiérrez; R.** Sánchez; **J. Rosales; W. Llactayo & W. Bejarano.** 2004. Plan de Ordenamiento Ambiental de la Cuenca del Río Jequetepeque para la Proyección del Reservorio Gallito Ciego y su Valle Agrícola. Ed. INRENA & PEJEZA. Lima, pp. 372.

Peña, H. 2016. Desafíos de la seguridad hídrica en América Latina y El Caribe. Publicación de las Naciones Unidas ISSN 1680-9017. Serie Recursos Naturales e Infraestructura 178. CEPAL. Santiago de Chile, pp. 57.

Ruíz-Álvarez, O.; R. Arteaga-Ramírez, M. Vásquez-Peña; R. López-López & R. Ontiveros-Capurata. 2011. Requerimientos de riego y predicción del rendimiento en gramíneas forrajeras mediante un modelo de simulación en tabasco, México. Agrociencia 45: 745-760.

Sifuentes, E.; J. Ruelas; J. Soto; J. Macías & C. Palacios. 2014. Planeación del riego en el cultivo de algodonero Gossypium hirsutum L. mediante un modelo de programación integral en el distrito 075, Sinaloa, México. Scientia Agropecuaria 5: 93-102.

Stancalie, G.; A. Marica & L. Toulios. 2010. Using earth observation data and CROPWAT model to estimate the actual crop evapotranspiration. Physics and Chemistry of the Earth 35: 25-30.

Yoo, S-H.; J-Y. Choi & M-W. Jang. 2008. Estimation of desing wáter requirement using FAO Penam-Monteith and optimal probability distribution function in South Korea. Agricultural Water Management 95:845-853.